

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-61609

(43) 公開日 平成9年(1997)3月7日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 B 5/18

G 0 2 B 5/18

1/04

1/04

5/20

5/20

5/23

5/23

6/12

6/18

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平7-217401

(22) 出願日

平成7年(1995)8月25日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(71) 出願人 000000952

鐘紡株式会社

東京都墨田区墨田五丁目17番4号

(72) 発明者 有島 功一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 吉田 卓史

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外1名)

最終頁に続く

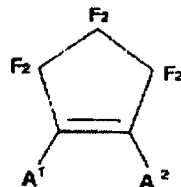
(54) 【発明の名称】 光導波路型波長フィルタ

(57) 【要約】

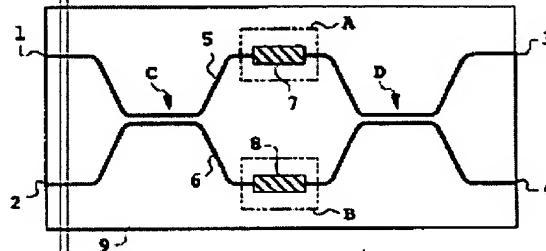
【課題】 選択波長の可変な簡易な光フィルタを提供する。

【解決手段】 光が導波するコア部とコアの周りを覆うクラッド部とを有し、前記クラッド部の一部が、光照射によって屈折率の周期的変化を生じさせる有機化合物から構成され、該有機化合物が下記一般式(1)で示される構造のフッ素化ジアリールエテン化合物であることを特徴とする。

【化1.6】



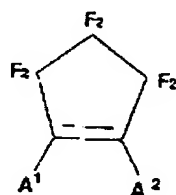
(1)



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光が導波するコア部とコアの周りを覆うクラッド部とを有し、前記クラッド部の一部が、光照射によって屈折率の周期的変化を生じさせる有機化合物から構成され、該有機化合物が下記一般式(1)で示される構造のフッ素化ジアリールエテン化合物であることを特徴とする光導波路型波長フィルタ。

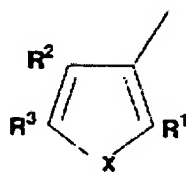
【化1】



(1)

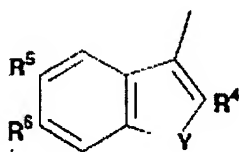
(但し、一般式(1)中のA¹、A²は一般式(2)または一般式(3)

【化2】



(2)

【化3】

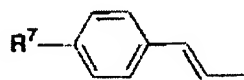


(3)

で示されるチエニル基、ピリル基、ベンゾチエニル基またはインドリル基を表し、A¹、A²は同一でも異なってもよい。一般式(2)および一般式(3)において、X、Yは硫黄原子または炭素数1から18のアルキル置換窒素原子を表す。また、R¹、R²は炭素数1～8のアルキル基を表し、R³、R⁴は水素原子、アルキル基、アルコキシ基、またはシアノ基を表す。R⁵は水素原子、アルキル基、シアノ基または一般式

(4)

【化4】



(4)

で示される置換フェニルエチニル基を表し、R⁷は水素またはアルコキシ基を表す。)

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、波長多重通信等において、特定波長の光を選択したり、除去したりするために使用される光導波路型波長フィルタに関するものである。

【0002】

【従来の技術】これまで、特定の波長の光を選択する方法としては、例えば、西原浩也著“光集積回路(改訂増補版)(オーム社、1993年刊)”に解説されているように、光導波路のコア部分またはクラッド部分、あるいはその両方に周期的な屈折率変化を与える方法が提案されている。周期的な屈折率分布の形状としては、導波光の進行方向に沿った矩形波、三角波、あるいは正弦波の周期的繰り返しが提案されている。

【0003】屈折率分布を形成させるためには、光導波路のコア部分あるいはクラッド部分を屈折率の異なる複数の物質を交互に並べて構成する方法、あるいは、より簡便な方法として、クラッド部分を周期的に切り欠き、空気とクラッド構成物質の屈折率差を利用する方法、または、その上に屈折率の異なるクラッドを積み重ねる方法、あるいは、コア部分に周期的な切り欠きをつくり、その上にクラッドを積み重ねることにより、コアとクラッドが周期的に入り組んだ構造を作る方法が考えられる。

【0004】これらのうち、複数の物質で、コアあるいはクラッドを構成する方法は、接合面における損失が大きく、素子全体としては大きな損失になるという欠点を有している。一方、クラッドあるいはコアに切り欠きを作って作製する方法では、数μmあるいはそれ以上の精度で、しかも周期的なパターンを加工することが要求されるため、作製上の困難さ、作製コストが高いなどの欠点を有していた。さらに、これらの手法を用いた場合、グレーティングの間隔は固定となるため、選択する波長を変化させることは困難である。

【0005】

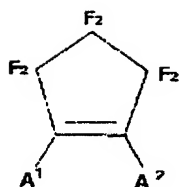
【発明が解決しようとする課題】本発明は、前述の事情を鑑みてなされたものであって、その課題は、選択波長の可変な簡易な光フィルタを提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明の光導波路型波長フィルタは、光が導波するコア部とコアの周りを覆うクラッド部とを有し、前記クラッド部の一部が、光照射によって屈折率の周期的変化を生じさせる有機化合物から構成され、該有機化合物が下記一般式(1)で示される構造のフッ素化ジアリールエテン化合物であることを特徴とする。

【0007】

【化5】

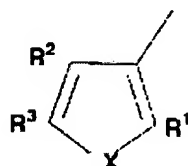


(1)

【0008】(但し、一般式(1)中の A^1 、 A^2 は一般式(2)または一般式(3)

【0009】

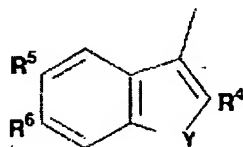
【化6】



(2)

【0010】

【化7】

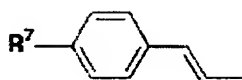


(3)

【0011】で示されるチエニル基、ピリル基、ベンゾチエニル基またはインドリル基を表し、 A^1 、 A^2 は同一でも異なってもよい。一般式(2)および一般式(3)において、X、Yは硫黄原子または炭素数1から18のアルキル置換窒素原子を表す。また、 R^1 、 R^4 は炭素数1～8のアルキル基を表し、 R^2 、 R^3 、 R^5 は水素原子、アルキル基、アルコキシ基、またはシアノ基を表す。 R^6 は水素原子、アルキル基、シアノ基または一般式(4)

【0012】

【化8】



(4)

【0013】で示される置換フェニルエチニル基を表し、 R^7 は水素またはアルコキシ基を表す。)

【0014】

【発明の実施の形態】

(1) 発明の特徴と従来技術との差異

前述のように、本発明は、光照射によって屈折率が変化する有機材料をクラッドの一部に組み込み、周期的に光

強度が変化する光を照射し、当該クラッドに周期的な屈折率分布を形成することを最も主要な特徴とする。

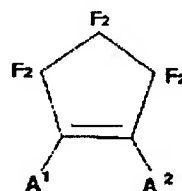
【0015】光照射によって周期的な屈折率分布を作製できることが、これまでの波長フィルタと大きく異なる。これまでの多くの波長フィルタは材料を精密加工することによって周期的な屈折率分布を作製するものであった。このため、作製にかかる時間、歩留まり等が素子作製上コストの点で問題となっていた。本発明では、クラッドの一部に組み込まれた屈折率が変化する材料に2光束のレーザ光を照射することによって、簡易かつ正確にその干渉パターンに応じて屈折率の変化したパターンを得ることができる。

【0016】光照射により屈折率が変化する材料に対して、光照射によって変化する屈折率の値(Δn)が大きいこと、高い感度で周期的な屈折率分布が書き込めること、書き込まれた屈折率分布が温度、湿度等に対して安定性が高いこと、さらに、書き込み光より長波長の光に対する安定性が高いことなどが要求される。この特性に適する材料を鋭意検討した結果、有機フォトリソグロム材料の中でフッ素化ジアリールエテン化合物が有用であることがわかった。

【0017】ここで用いることのできるフッ素化ジアリールエテン化合物は、一般式(1)で示されるペルフルオロシクロペンテン誘導体である。

【0018】

【化9】

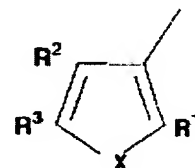


(1)

【0019】(但し、一般式(1)中の A^1 、 A^2 は一般式(2)または一般式(3)

【0020】

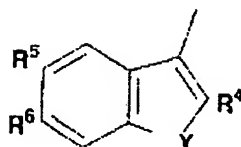
【化10】



(2)

【0021】

【化11】

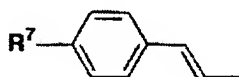


(3)

【0022】で示されるチエニル基、ピリル基、ベンゾチエニル基またはインドリル基を表し、 A^1 、 A^2 は同一でも異なってもよい。一般式(2)および一般式(3)において、X、Yは硫黄原子または炭素数1から18のアルキル置換窒素原子を表す。また、 R^1 、 R^4 は炭素数1~8のアルキル基を表し、 R^2 、 R^3 、 R^5 は水素原子、アルキル基、アルコキシ基、またはシアノ基を表す。 R^6 は水素原子、アルキル基、シアノ基または一般式(4)

【0023】

【化12】



(4)

【0024】で示される置換フェニルエチニル基を表し、 R^7 は水素またはアルコキシ基を表す。)ベルフルオロシクロペンテン誘導体の中でも、一般式

(1)の A^1 、 A^2 のうち少なくとも一方がベンゾチエニル基であることが、グレーティングの熱的安定性および書き換え耐久性の観点から特に好ましい。

【0025】これらの有機フォトリソミック化合物を導波路のコアの周りのクラッド部として形成するためには、有機フォトリソミック化合物を高分子材料中に分子状に分散させ、成型性を持たせた混合物を高分子クラッド材料として使用する。ここで用いる高分子材料は、フォトリソミック化合物との混合物の屈折率が導波路コアの屈折率より低くなる物質で、かつ成形性があればよい。たとえば、フッ素化ポリメチルメタクリレートとポリメチルメタクリレートの混合物は、成形性があり、かつその屈折率は、混合比にほぼ比例してフッ素化ポリメチルメタクリレートとポリメチルメタクリレート固有の屈折率の間で任意に設定できる。

【0026】ここで、コア上に高分子クラッド層を設けるには、予め導波路素子上のコアの一部がむき出しになっている必要がある。このためには、埋め込み型導波路のクラッド層をスパッタ等の方法で必要な部分を除去するか、または、コアがむき出しの導波路(いわゆるリッジ型導波路)をそのまま用いる。また、ここで用いる導波路は、石英をはじめ、ガラス、半導体、プラスチックなどを加工した平面型の導波路や、石英、プラスチックのファイバ型導波路の何れでもかまわない。

【0027】この有機フォトリソミック化合物を含む高

分子クラッド材料を、導波路素子上のコアに直接接するようにスピンコート、キャスト等の方法で塗布すればよい。このとき、塗布する高分子クラッドの厚さは、コア面からエバネッセント波がしみ出す領域の厚み以上あればよく、数 μm 以上あれば十分である。また、高分子クラッドの長さは、屈折率グレーティングにおける結合長より長ければよく、たとえば、反射率99.9%を実現するための結合長は、コアの屈折率が1.448、クラッドの屈折率が1.444、屈折率グレーティングにおける Δn が0.0001の場合、約500 μm である。

【0028】このように素子作製において、塗布によってクラッドを作製するためクラッドの導波路素子へのアライメントが不要であること、塗布する高分子クラッドは非常に少量でよく、搭載による素子の形状はほとんど変わらず小型であること、レーザー光の干渉によって任意の周期で屈折率変化を書き込めるため、任意の波長のフィルタが容易に得られること、素子を実装後でも任意の選択波長を簡易な装置で書き込み可能である、などの特徴を有する。

【0029】これは、予めクラッド材料を種々の方法で加工し、屈折率グレーティングを作製して導波路素子上に搭載する方法や、搭載後クラッド材料をエッチングあるいはスパッタ等で加工してグレーティングをつくる従来の作製方法と比較して、素子作製方法が非常に容易であるだけでなく、使用する光波長に応じて選択波長をその場で書き込めるため、実用上有利である。

【0030】さらに、材料の光感度を有する光で一様に照射することによって、一度書き込んだ屈折率グレーティングを消去し、再度屈折率グレーティングを書き込むことができる。従来の波長選択素子は、物理的にグレーティングパターンがコアまたはクラッド部分に作製されており、波長を変化させることは困難である。

【0031】このように本発明は、従来技術では困難であった選択する波長を自由に換えられる波長可変機能を有する波長選択フィルタを提供することが可能で、実用上非常に大きな利点となる。

【0032】また、フッ素化ジアリールエテン化合物の熱安定性は、従来のフォトリソミック材料に比べ非常に高く、書き込まれたグレーティングの保持性は80℃の高温においても数千時間以上の保持性を持つ特徴を有する。これは実用上素子の安定性において、大きく寄与している。

【0033】このように、本発明は、従来技術とは大きく異なり、光導波路の作製には精密な微細加工を必要としない上、グレーティングの間隔すなわち波長選択性を変更することも可能である。

【0034】

【実施例】以下、実施例に従って本発明を説明するが、本発明は実施例に限定されるものではなく、屈折率の周

期的変化が光で書き込まれた有機材料をクラッドに搭載した光導波路型波長フィルタであれば使用できる。

【0035】(実施例1) 本発明における代表的な光導波路型波長選択素子(フィルタ)の構造の全体図を図1に示す。

【0036】図中、1は入射ポート、2、3、および4は出射ポート、5、6は光導波路のコア、7、8は高分子クラッド、9は光導波路のクラッドである。また、A、Bは高分子クラッドを含むマッハツェンダ干渉回路(直線部分)であり、C、Dは高帯域3dBカップラである。

【0037】本波長選択素子は、高帯域3dBカップラ(図1中のC部分およびD部分)およびマッハツェンダ型干渉回路(図中のA部分およびB部分)から成り、マッハツェンダ型干渉回路の直線部分C、Dに屈折率の周期的変化を書き込むフッ素化ジアリールエテン化合物を含む高分子クラッドを搭載する。

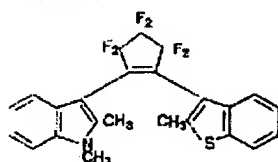
【0038】図2から図4は、フォトクロミック材料を用いた導波路型波長選択素子におけるマッハツェンダ干渉回路の直線部分の図であって、図1中のAまたはBの拡大図である。図2は平面図、図3は図2のa-a'線に沿う断面図、図4は図2のb-b'線に沿う断面図である。図中、5は光導波路のコア、7は屈折率グレーティングを書き込んだ高分子クラッド、9は光導波路のクラッド、10は基板である。

【0039】このような構造の素子を作製するには、従来の火炎堆積法で作製した高帯域3dBカップラおよびマッハツェンダ型干渉回路から成る光導波路素子のマッハツェンダ型干渉回路の直線部分を、光導波路コアの上部まで、幅5mm、長さ5mmの面積を、リアクティブイオンエッチング装置でエッチングした。次に、コア部分をマスクし、上記5×5mmの面積をさらに深さ9μmまでエッチングして、コア部分が露出されるようにした。

【0040】次に、フッ素化メチルメタクリレートとメチルメタクリレートとの共重合体の高分子溶液にフォトクロミック材料である下記構造式(1a)で示されるフッ素化ジアリールエテン化合物を10重量%添加して、波長1.5μmでの屈折率を1.444になるように調製した塗布液を、上述の5×5mmの面積部分に塗布した。続いて、70℃窒素雰囲気下で2時間乾燥し、高分子クラッド7を形成した。

【0041】

【化13】



(1a)

【0042】次に、水銀ランプ光を中心波長365nmの干渉フィルタで分光した光(光強度100mW/cm²)を上記導波路型波長選択素子に10秒間照射し、フォトクロミック分子を開環状態から閉環状態に光反応で変化させ、レーザ発振波長領域である可視部に吸収を持たせた。

【0043】次に、HeNeレーザ(発振波長633nm、出力1mW)をハーフミラーで2光束に分割し、交差角39°で干渉光を発生させ、当該干渉結が直線光導波路と直交するように直線光導波路の高分子クラッド部分に15秒間照射した。ここで、干渉光の明部に対応した高分子クラッド部位はフォトクロミック分子が閉環状態から開環状態に変化して屈折率が変化し、暗部に対応した部位はフォトクロミック分子が変化せず、したがって、屈折率の変化もおこらない。この結果、高分子クラッド7には、干渉結の明暗に対応して屈折率の周期的変化が書き込まれた。

【0044】上記導波路型波長選択素子を光学ステージに設置し、素子片端の入射ポート(図1中の1)からレーザ光を入射させ、出射ポート(図1中の2)からの反射光の光強度および出射ポート(図1中の4)からの透過光をフォトディテクタで測定し、入射光強度と反射光強度の比からフィルタ特性を判定した。

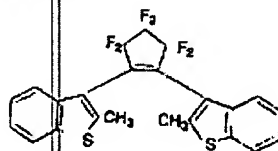
【0045】測定の結果、上記導波路素子は、波長1.5μmにおいて99.5%の高い反射特性を示し、波長1.3μmおよび0.89μmでは反射率0%で、かつ透過光の損失は0.5%であった。

【0046】この結果より、本導波路素子は、良好な波長選択フィルタ特性を有することがわかった。

【0047】(実施例2) 実施例1と同等の素子構造を有し、下記構造式(1b)で示されるフッ素化ジアリールエテン化合物を用いた導波路型波長フィルタを作製した。

【0048】

【化14】



(1b)

【0049】このような構造の素子を作製するには、実施例1と同様に、光導波路の一部のクラッド層を除去し、コア部をむき出しにした。次に、フッ素化メチルメタクリレートとメチルメタクリレートとの共重合体の高分子溶液にフォトクロミック材料である前記構造式(1b)で示されるフッ素化ジアリールエテン化合物を15重量%添加し、波長1.5μmで屈折率を1.446になるように調製した塗布液を、上述のクラッド除去部に塗布した。続いて、70℃窒素雰囲気下で2時間乾燥し、高分子クラッド7を形成した。

【0050】次に、実施例1と同様にして、水銀ランプ光を中心波長365nmの干渉フィルタで分光した光（光強度100mW/cm²）を上記導波路型波長選択素子に10秒間照射し、可視部に吸収を持たせた後、HeNeレーザ（発振波長633nm、出力1mW）をハーフミラーで2光束に分割し、交差角39°で干渉光を発生させ、当該干渉縞が直線光導波路と直交するように、高分子クラッド部分に20秒間照射し、高分子クラッド7に屈折率の周期的変化を書き込んだ。

【0051】上記導波路型波長選択素子を光学ステージに設置し、実施例1と同様に素子片端の入射ポート（図1中の1）からレーザ光を入射させ、出射ポート（図1中の2）からの反射光の光強度および出射ポート（図1中の4）からの透過光をフォトディテクタで測定し、入

射光強度と反射光強度の比からフィルタ特性を判定した。

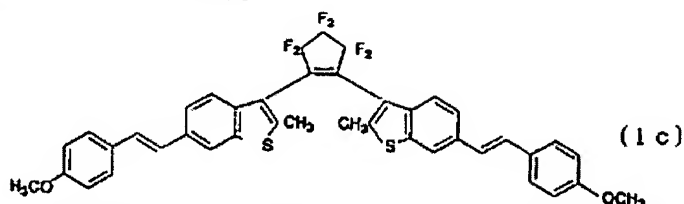
【0052】測定の結果、上記導波路素子は、波長1.5μmにおいて、99.2%の高い反射特性を示し、波長1.3μmおよび0.89μmでは、反射率0%で、かつ透過光の損失は0.3%であった。

【0053】この結果より、本導波路素子は、良好な波長選択フィルタ特性を有することがわかった。

【0054】（実施例3）図1に示した素子構造を有し、下記構造式（1c）で示したフッ素化ジアリールエテン化合物を用いた導波路型波長素子を作製した。

【0055】

【化15】



【0056】実施例1と同等の方法で加工した光導波路に、フッ素化メチルメタクリレートとメチルメタクリレートとの共重合体の高分子溶液にフォトクロミック材料である前記構造式（1c）で示されるフッ素化ジアリールエテン化合物を10重量%添加し、波長1.5μmで屈折率を1.446になるように調製した塗布液を用い、高分子クラッド7を形成した。

【0057】次に、実施例1と同等の方法で高分子クラッド7に屈折率の周期的変化を形成し、フィルタ特性を測定した。

【0058】測定の結果、上記導波路素子は、波長1.5μmにおいて、99.7%の高い反射特性を示し、波長1.3μmおよび0.89μmでは、反射率0%でかつ透過光の損失は0.5%であり、良好なフィルタ特性が得られた。

【0059】（実施例4）〈リッジ型導波路の使用例〉実施例1において、導波路型素子として、図1の構造を持ち、上部クラッド層のないいわゆるリッジ型素子を使用して、波長フィルタを作製した。

【0060】これを作製するために、フッ素化メチルメタクリレートとメチルメタクリレートとの共重合体の高分子溶液に前記構造式（1a）で示されるフッ素化ジアリールエテン化合物を10重量%添加し、波長1.5μmでの屈折率を1.444になるように調製した塗布液を、上記リッジ型導波路にスピンコート装置を用いて塗布した。続いて、70℃窒素雰囲気下で2時間乾燥して、高分子クラッドを形成した。

【0061】次に、実施例1と同様にして、高分子クラッドに屈折率の周期的書き込みフィルタ特性を判定した。

【0062】測定の結果、波長1.5μmにおいて、99.7%の高い反射特性を示し、波長1.3μmおよび0.89μmでは、反射率0%でかつ透過光の損失は0.7%であった。

【0063】この結果より、リッジ型素子を用いた場合でも、本導波路素子は、良好な波長選択フィルタ特性を有することがわかった。

【0064】（実施例5）〈書き換え特性の検証〉

実施例1で用いた波長グレーティングが書き込まれた導波路型波長素子（フィルタ）に、HeNe光（出力10mW）を全面に一樣に30秒間照射し、グレーティングを消去した。消去状態は、反射光が観測出来なくなることより確認できた。

【0065】次に、再び水銀ランプ光を中心波長365nmの干渉フィルタで分光した光（光強度100mW/cm²）を上記導波路型波長選択素子に10秒間照射し、レーザ発振波長領域である可視部に吸収を持たせた。

【0066】次に、HeNeレーザ（発振波長633nm、出力1mW）をハーフミラーで2光束に分割し、交差角39°で干渉光を発生させ、当該干渉縞が直線導波路と直交するように直線導波路の高分子クラッド部分に15秒間照射し、高分子クラッドには干渉縞の明暗に対応して屈折率の周期的変化が再び書き込まれた。

【0067】上記導波路型波長選択素子を光学ステージに設置し、素子片端の入射ポート（図1中の1）からレーザ光を入射させ、出射ポート（図1中の2）からの反射光の光強度および出射ポート（図1中の4）からの透過光をフォトディテクタで測定し、入射光強度と反射光強度の比からフィルタ特性を判定した。

【0068】測定の結果、上記導波路素子は、波長1.5 μm において、99.5%の高い反射特性を示し、波長1.3 μm および0.89 μm では、反射率0%でかつ透過光の損失は0.5%であった。

【0069】この結果より、本導波路素子は、良好な繰り返し特性を示し、書き換え可能な波長選択フィルタ特性を有することがわかった。

【0070】（実施例6）〈熱的安定性の検証〉

本導波路素子の熱的安定性を検討するため、実施例1、2、3で作製した導波路型波長フィルタを、高温環境下での反射特性を測定した。測定は、温度80℃の恒温槽に放置後、一定時間ごとに取り出し、室温雰囲気中で1.5 μm 光の反射特性を測定した。結果を表1に示す。

【0071】

【表1】

反射特性の時間依存性

素子	熱印加前	2500時間後	5000時間後
実施例1	99.5%	97.8%	97.1%
実施例2	99.2%	97.2%	95.5%
実施例3	99.7%	97.4%	96.9%

【0072】いずれの素子も反射率の変動幅は、5000時間後においても、0.2dB以下であり、良好な熱

安定性を示した。

【0073】

【発明の効果】以上説明したように、本発明を用いることによって、容易に、かつ回路上に実装した状態においても、任意の波長を透過または反射し、また、グレーティングを光消去して再度書き換え可能な導波路型波長選択素子が得られる。これまでの波長選択素子に比べ、同等のフィルタ特性を有しながら、作製の簡易性、波長選択性の自由度、書き換え性、熱的安定性において、はるかに優れた特性をもっている。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明にかかる導波路型波長選択素子の一代表例を示す全体構成図である。

【図2】本発明の導波路型波長選択素子におけるマッハツェンダ干渉回路の直線部分の平面構成図である。

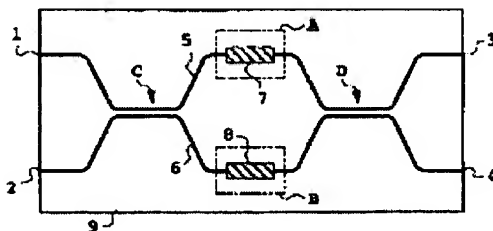
【図3】図2のa-a'線に沿う断面構成図である。

【図4】図2のb-b'線に沿う断面構成図である。

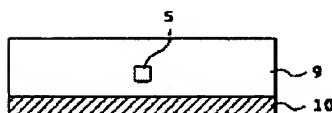
【符号の説明】

- 1 入射ポート
- 2, 3, 4 出射ポート
- 5, 6 光導波路のコア
- 7, 8 高分子クラッド
- 9 光導波路のクラッド
- 10 基板
- A, B 高分子クラッドを含むマッハツェンダ干渉回路（直線部分）
- C, D 高帯域3dBカップラ

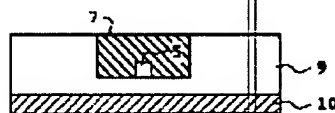
【図1】



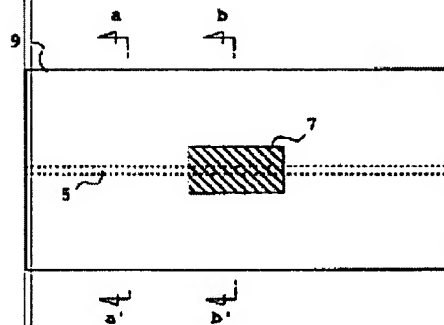
【図3】



【図4】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/18			G 0 3 C 1/73	5 0 3
G 0 3 C 1/73	5 0 3		G 0 2 B 6/12	F H

(72)発明者 助川 健
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 島田 俊之
東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72)発明者 石川 篤
大阪府大阪市都島区友測町1丁目5番90号
鐘紡株式会社開発研究所内

(72)発明者 ▲はな▼澤 誠
大阪府大阪市都島区友測町1丁目5番90号
鐘紡株式会社開発研究所内

(72)発明者 堀川 幸雄
大阪府大阪市都島区友測町1丁目5番90号
鐘紡株式会社開発研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.